



## Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/>  
Eprints ID : 16406

**To link to this article** : DOI :DOI:10.1684/agr.2010.0380  
URL : <http://dx.doi.org/10.1684/agr.2010.0380>

**To cite this version** : Leclerc, Grégoire and Bommel, Pierre and Gibon, Annick and Lasseur, Jacques and Morales, Hermes *Élaboration participative de modèles et de scénarios : une entrée pour analyser la coévolution des systèmes d'élevage extensif et des territoires*. (2010) Cahiers Agricultures, vol. 19 (n° 2). pp. 152-159. ISSN 1166-7699

Any correspondance concerning this service should be sent to the repository administrator: [staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr](mailto:staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr)

# Élaboration participative de modèles et de scénarios : une entrée pour analyser la coévolution des systèmes d'élevage extensif et des territoires

Grégoire Leclerc<sup>1</sup>  
Pierre Bommel<sup>2</sup>  
Annick Gibon<sup>3</sup>  
Jacques Lasseur<sup>4</sup>  
Hermes Morales<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Cirad UR Green  
LERG/ESP  
Campus international de Baillarguet  
TAC-47 / F34398 cedex Montpellier  
France  
<gregoire.leclerc@cirad.fr>

<sup>2</sup> Cirad UR Green  
Université de Brasilia  
Faculté de technologie  
Campus Universitario Darcy Ribeiro  
Asa Norte, 70.910-900  
Brasilia  
Brésil  
<pierre.bommel@cirad.fr>

<sup>3</sup> Inra, UR Ecodeveloppement  
31326 Castanet-Tolosan cedex  
France  
<annick.gibon@toulouse.inra.fr>

<sup>4</sup> Inra UMR Dynafor  
Domaine Saint Paul  
84914 Avignon cedex 09  
France  
<lasseur@avignon.inra.fr>

<sup>5</sup> Instituto Plan Agropecuario  
Bvar Artigas 3802  
Montevideo  
Uruguay  
<hmmorales@planagropecuario.org.uy>

## Résumé

La modélisation participative présente de fortes contraintes liées, d'une part, à l'expression et au partage de points de vue, et, d'autre part, à l'intelligibilité des modèles. Elle impose des simplifications et des arbitrages. Nous partons de l'hypothèse qu'un processus de prospective participative s'appuyant sur des simulations fait ressortir les principaux enjeux locaux ainsi que les stratégies d'adaptation les plus probables des individus et des groupes, et constitue une forme de validation des enjeux identifiés à d'autres échelles d'analyse. Nous examinons les démarches de prospective de cinq modélisations d'accompagnement (ComMod) centrées sur la coévolution des territoires et des systèmes d'élevage extensif (SEE) en France, au Sénégal, au Brésil, en Uruguay et en Argentine. Nous décomposons les démarches selon leurs objectifs ou leur visée, leur mode de construction et selon les paramètres liés aux modèles et aux simulations. L'analyse transversale contribue d'une part à améliorer la conception de futures expériences ComMod sur les SEE. D'autre part, elle révèle une définition plus opérationnelle des enjeux locaux, régionaux et globaux auxquels feront face les SEE de ces régions dans la prochaine décennie.

**Mots clés :** approches participatives ; élevage extensif ; modélisation ; prospective ; territoire.

**Thèmes :** productions animales ; territoire, foncier, politique agricole et alimentaire.

## Abstract

### Participatory modelling and foresight as an entry point for analyzing extensive livestock systems and territorial co-evolution processes

Participatory modelling has to deal with strong constraints related to the expression and sharing of viewpoints and to the intelligibility of models, which implies that simplifications and trade-offs must be made. Our hypothesis is that the mediation that takes place during the foresight process helped by simulation is effective in highlighting the main issues at the local/regional scale, as well as the more probable adaptation strategies, thus making it possible to validate issues found for other scales of analysis. We analyze the foresight processes in five companion modelling (ComMod) projects on the co-evolution of extensive husbandry systems (EHS) and territories scale in France, Senegal, Brazil, Uruguay and Argentina. The processes are broken down according to the scenario study objectives, to the method of construction and to the parameters associated with models and simulations. Comparative analysis contributes to improving the design of future ComMod experiments on EHS and reveals a more operational definition of local, regional and global issues which the EES of these regions will face in the next decade.

**Key words:** extensive husbandry; modelling; participatory approaches; prospective; territories.

**Subjects:** animal productions; territory land use agricultural and food policies.

## Introduction

Dans le développement territorial des zones rurales, au Nord comme au Sud, l'avenir des systèmes d'élevage extensifs (SEE) est incertain. Les questions sur leur durabilité économique et sociale se conjuguent aujourd'hui à différentes échelles avec les enjeux d'une utilisation durable de l'espace rural et des ressources naturelles, qui répondent à une variété croissante d'objectifs. Face à cette complexité, la capacité de se projeter dans le futur est essentielle pour les acteurs locaux et les chercheurs, afin d'élaborer des argumentaires, des stratégies futures ou des politiques, et de nouvelles questions de recherche.

### Prospective pour les territoires et élevage

Anticiper consiste à imaginer le cours possible des événements. Le concept de prospective (Berger, 1958) agrège ceux de prospection et de perspective : il s'agit d'explorer différents futurs possibles vus sous des angles divers. Le développement et l'utilisation de méthodes de scénarios a connu un essor important au cours des dernières décennies (Börjeson *et al.*, 2006 ; Simon *et al.*, 2006.).

De nombreux travaux de prospective ont traité des SEE à différentes échelles. Au niveau global, le *Millenium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005) a produit quatre

scénarios selon les hypothèses d'un monde futur soit réactif, soit proactif face aux enjeux environnementaux, et soit mondialisé, soit fragmenté (*figure 1*). Freeman *et al.* (2006) élaborent selon ce cadre une « *storyline* » pour le secteur de l'élevage dans les pays en développement. Ils identifient un ensemble de forces motrices récurrentes : la manière dont les marchés s'organisent et l'exclusion qui peut s'ensuivre pour certains types d'éleveurs ; les maladies du bétail et les crises alimentaires qui peuvent en résulter ; le paysage institutionnel, public ou privé, et le développement des infrastructures. La montée en puissance de ces facteurs permet de penser que les changements structurels observés dans le secteur de l'élevage vont s'accroître.

### Outils d'aide au développement durable de l'élevage dans les territoires

Un axe de recherche du projet d'analyse des Transformations de l'élevage et dynamiques des espaces (Trans) a pour objectif de systématiser les connaissances sur la coévolution des SEE et des systèmes naturels dans l'espace rural, en référence au développement des territoires dans trois régions du globe. Cet axe s'appuie sur plusieurs expériences locales de modélisation d'accompagnement (ComMod, 2005), qui préconisent une recherche-action par

scénarios exploratoires. L'acception du terme territoire et les modes d'expression des projets de Trans contribuant à la définition du territoire sont développés par Bommel *et al.* (2010a), Ickovicz *et al.* (2010), et Choisis *et al.* (2010).

La nature des similitudes et des différences de démarches prospectives mises en œuvre dans Trans permet-elle une meilleure définition des enjeux des SEE à différentes échelles ?

Notre hypothèse est que modéliser et simuler des scénarios avec les acteurs locaux oblige à synthétiser, aller à l'essentiel et rendre explicite, ce qui permet de mieux cerner les enjeux de développement et de mieux définir les indicateurs pour le pilotage et le suivi-évaluation des dynamiques à l'œuvre. Nous analysons le processus de prospective dans cinq des études de cas du projet Trans :

- pour identifier les déterminants de l'évolution des SEE, les sources d'incertitude de cette évolution, les scénarios et stratégies d'acteur les plus (et moins) probables ;
- pour évaluer comment les expériences de prospective à l'échelle de petits territoires peuvent alimenter le débat sur les enjeux du MEA à l'échelle globale.

## Démarches prospectives analysées

### Amazonie

Devenu le premier exportateur mondial de viande de bœuf et de cuir, le Brésil a fait de l'Amazonie son principal bassin de production et compte doubler ses exportations d'ici 2018. Sur ce terrain, le processus de prospective a débuté par la construction d'un modèle générique (TransAmazon) par un collectif constitué d'experts et de leurs réseaux d'acteurs locaux. Si de nombreux tests de sensibilité et simulations du système multi-agents (SMA) ont été menés, les phases de prospective participative ont été peu conduites. Néanmoins, au cours d'opérations de recherche (enquêtes, suivis, expérimentations), des parties des modèles ont été discutées, amendées, puis approuvées (« validées »), par des producteurs et des agents de l'assistance technique. Ce travail de conceptualisation s'inscrit dans un cadre plus général à la confluence de plusieurs projets de recherche et de déve-

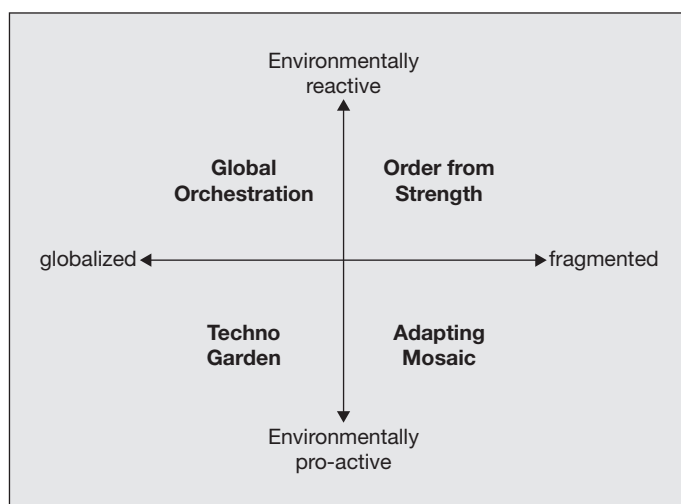


Figure 1. Les quatre scénarios du Millenium Ecosystem Assessment (Source: MEA, 2005).

Figure 1. The 4 Millenium Ecosystem Assessment scenarios.  
Source : Freeman, 2006.

loppement. Ainsi, des expérimentations en station et en milieu paysan ont permis de tester sur des parcelles de producteurs de nouvelles techniques agricoles alternatives au classique « abattis-brulis ». Ces alternatives sont intégrées dans une nouvelle version du modèle qui sert de base pour la réalisation d'un outil de simulation interactive (Bommel *et al.*, 2010b).

## Ferlo

L'élevage pastoral du Ferlo est caractéristique d'un élevage sahélien en mutation. Sur ce terrain, l'élaboration de scénarios prospectifs a débuté par une phase de diagnostic participatif qui a fait émerger, notamment, le besoin d'améliorer la gouvernance du conseil rural (l'ensemble des élus de la communauté rurale), en matière d'affectation des terres (Bah *et al.*, 2010). De ce besoin est né l'outil informatique AIDA (Analyse des impacts des décisions d'affectation), une plateforme de discussion pour l'évaluation des impacts des décisions d'affectation des terres. Pour le moment, le module de simulation SMA de AIDA permet de mettre en débat deux types d'enjeux. Le premier, endogène, concerne l'existence (ou non) d'un zonage de la communauté rurale donnant priorité (ou non) à l'agriculture irriguée au détriment de l'élevage, voire aux agro-industries au détriment des petites exploitations familiales. Le second, exogène, concerne l'évolution de la variabilité intra-annuelle et interannuelle des pluies. Des simulations préliminaires ont été réalisées dans les mêmes conditions initiales fictives et selon différentes combinaisons de paramètres. En montrant l'évolution de la végétation et les usages des terres, elles permettent d'analyser l'impact de ces facteurs sur la mobilité des éleveurs et leur accès à l'eau. Le modèle et les simulations devront être validés par les acteurs, lesquels seront ensuite formés à l'utilisation de l'outil.

## Lubéron

La modélisation (Lasseur *et al.*, 2010) porte sur les interactions entre dynamique des activités (pastorales, forestières) et dynamique de l'utilisation des terres. Elle est réalisée par un collectif regroupant agents des structures de conseil aux éleveurs, forestiers, gestionnaires territoriaux et chercheurs de l'Institut national de recherche agronomique (Inra). Elle couvre le parc naturel régional du Lubéron, territoire

jugé emblématique des questions posées à l'élevage pour sa contribution à la gestion des espaces naturels en région méditerranéenne française. Les scénarios en cours d'élaboration visent à évaluer les liens entre les dynamiques de ces espaces et des modifications dans les filières d'élevage et forestières :

- une forte baisse des revenus des éleveurs d'agneaux dans la filière classique, qui conduit à la recherche d'alternatives en développant des circuits courts de commercialisation,

- un fort développement des filières « bois-énergie », qui redéfinit l'équilibre entre activités d'élevage et activités forestières à l'échelle du massif.

Les simulations réalisées montrent, d'une part, comment les réorganisations internes des élevages, liées au développement de circuits courts de commercialisation, affectent les capacités de l'élevage à contribuer au maintien de milieux ouverts, et, d'autre part, quelle peut être, en cas de développement de filières bois-énergie, la concurrence entre activités forestières et activités d'élevage.

## Pampa

L'élaboration de scénarios prospectifs, qui s'articule autour de deux modèles SMA didactiques, Arapey et Dinámica-Parcelaria (Morales *et al.*, 2010), vise d'abord au renforcement des capacités des services de vulgarisation et de conseil, ainsi qu'à l'élaboration de solutions non normatives et, éventuellement, de politiques mieux adaptées. Ces modèles traitent des SEE les plus répandus en Argentine et en Uruguay. Le processus a d'abord impliqué des collectifs d'experts (chercheurs et agents de développement très impliqués sur le terrain), les éleveurs étant impliqués dans la validation, *ex post*, du travail de modélisation et de simulation réalisé.

Arapey est un petit modèle qui s'inscrit dans une longue histoire d'étude des stratégies et pratiques des éleveurs. Les simulations ont surtout porté sur les trajectoires passées des élevages (35 ans) et leur impact sur l'utilisation des sols. Deux projets de recherche-action ont été mis en œuvre, suite à ces tests concluants. Le projet « *Integrando Conocimientos* » vise à mieux comprendre et agir sur la durabilité des exploitations d'élevage, à partir de la modélisation et de la simulation des pratiques, alors que le projet « *Sequia* » propose, à partir des questions des éleveurs, une modélisation visant à analyser collec-

tivement les conséquences des différentes stratégies proposées dans des conditions de sécheresse.

« *DinamicaParcelaria* », plus récent, n'a pas encore impliqué les acteurs locaux. Le modèle fait une synthèse des connaissances de chercheurs argentins et uruguayens sur l'avancée fulgurante de la culture du soja dans ces pays.

## Pyrénées

Le projet (Gibon *et al.*, 2010) découle d'une demande conjointe des institutions locales de développement agricole et du Parc national des Pyrénées, mais il est illustratif des problématiques générales des régions de montagne européenne. Les travaux en partenariat ont porté sur le changement des activités d'élevage et des paysages de montagne, en relation avec l'évolution des politiques publiques qui considèrent le boisement spontané des paysages agricoles par le frêne comme un obstacle au développement durable des territoires. La construction du modèle SMASH (*Spatialized multi-agent system of landscape colonization by ash*) vise à fournir des scénarios de changement pour aider à la réflexion et la concertation sur les politiques locales de développement.

Les premiers travaux ont montré le rôle clé de l'élevage sur la multifonctionnalité des paysages. La construction et l'évaluation sous système d'information géographique, avec les éleveurs, de scénarios relatifs aux politiques agricoles (réforme de la politique agricole commune 2005) et aux politiques communales d'urbanisation ont montré la nécessité de prendre en compte les parcellaires d'exploitation, les types de stratégie adaptatives des familles d'éleveurs à court et long terme, et les interactions entre utilisations de l'espace et processus écologiques à l'échelle de la parcelle. La représentation « réaliste » recherchée par les partenaires a cependant limité le degré de simplification initialement souhaité par les chercheurs pour SMASH. Les travaux se poursuivent au sein d'un nouveau projet de recherche en partenariat soutenu par la région.

## Méthodologie

Pour comparer les démarches prospectives, nous avons adopté un cadre conceptuel sur lequel projeter les différentes

situations. Le futur étant en partie décidable (De Montgolfier et Natali, 1988), une entrée par les stratégies et les actions concrètes des acteurs apparaît prometteuse. Notre hypothèse est que chaque acteur est un « *scenario-building animal* » (Swartz, 1991) qui se projette dans le futur, de façon consciente ou inconsciente. La modélisation participative vient en appui à ce processus endogène (figure 2). Pour chaque concept (les boîtes des cartes conceptuelles) et influence (les liens entre les concepts), nous avons identifié une série d'attributs qui ont été renseignés par un questionnaire administré aux collectifs en charge des modélisations.

## Résultats

Notre cadre d'analyse repose sur le postulat que c'est l'action même des parties prenantes, en réaction au processus de prospective, qui permet de faire ressortir les principaux enjeux des SEE et les forces motrices à l'œuvre. Cependant, sur aucun des sites le processus n'est suffisamment avancé pour que nous puissions analyser son influence sur les acteurs locaux. C'est donc uniquement le point de vue des chercheurs sur la problématique et sa modélisation qui a pu être traité ici. Nous avons pu constater que ces derniers avaient adopté une posture critique par rapport à leur propre pratique, avec à la clé un processus évolutif de construction et de déconstruction de modèles. Les finalités précises des démarches varient selon les terrains mais elles reposent sur une volonté éthique des chercheurs de réduire l'asymétrie de l'information entre les parte-

naires pour un développement durable et démocratique ; une posture très éloignée de la simple expertise ou du simple transfert de connaissances vers les acteurs locaux. Dans la pratique, cependant les chercheurs ont pu être amenés à développer des modèles plus « à dire d'experts » qu'ils ne l'auraient souhaité, par exemple, lorsque le terrain posait des problèmes de sécurité.

Une interaction soutenue avec les agents de développement et une excellente connaissance de la problématique des sites ont montré un fort ancrage des chercheurs au terrain. Les différents cas montrent qu'un processus de prospective s'appuyant sur un modèle stylisé peut être rapidement approprié par les éleveurs et déboucher, comme dans les cas Pampa, Amazonie et Pyrénées, sur de nouveaux projets associant recherche et développement. Les possibilités d'impact de la recherche sur les terrains sont donc bien réelles.

Les équipes ont mis en œuvre des démarches similaires à la démarche « patrimoniale » (Bousquet *et al.*, 1999), ou « *step by step* » (Etienne *et al.*, 2003) et la coconstruction d'un seul modèle (Ferlo, Lubéron, Pyrénées), de deux modèles (Pampa) ou d'une suite de versions (Amazonie).

## Les composantes du système

Les scénarios n'ont pas révélé d'enjeux communs à tous les sites (tableau 1). Sur les sites français l'élevage s'inscrit dans une logique de gestion multifonctionnelle de l'espace sur fond de politiques agricoles, forestières et d'urbanisation. Sur les sites d'Amérique du Sud les élevages sont plus soumis aux lois du marché et aux institutions financières. Des similitudes apparais-

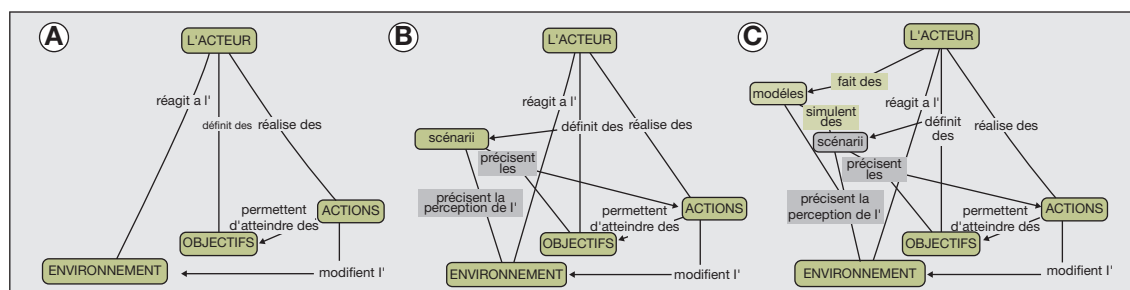
sent entre les sites Pampa et Ferlo, avec le développement rapide des cultures agro-industrielles, les problèmes d'accès des éleveurs aux ressources pastorales et leur sensibilité aux changements climatiques.

Il y a des correspondances entre les forces motrices et les indicateurs traités (tableau 2). Les forces de type économie dominent largement la palette des forces de type société, politique, ou environnement. Notons la quasi-absence de forces liées aux innovations technologiques. Ceci pourrait être le résultat d'influences disciplinaires au sein des collectifs, mais il est fort possible que, comparées aux autres forces à l'œuvre, de nouvelles technologies ne soient pas particulièrement déterminantes pour l'avenir des SEE, sauf peut-être au Brésil.

L'ensemble des éléments recensés dans les tableaux 1 et 2 recouvre vraisemblablement une bonne partie des facteurs pouvant faire évoluer les SEE et des indicateurs de suivi évaluation.

La mobilisation des savoirs des éleveurs a aussi consisté à rendre compte de leurs comportements de gestion adaptative face à l'incertitude. Les aléas climatiques sont une source d'incertitude considérée partout sauf en Amazonie, alors que les capacités d'adaptation des éleveurs au changement de leur environnement ont été prises en compte pour l'Amazonie, le Lubéron et les Pyrénées. Restent les incertitudes sur les fluctuations des prix, plus prégnantes en Amérique du Sud, peut-être en raison des volumes concernés ou des prix indexés sur les cours du marché international.

Les équipes ont développé des modèles « réalistes » simples ou des modèles génériques, alors que les SMA permettent des configurations très complexes impliquant par exemple des agents communicants ou



**Figure 2.** Cartes conceptuelles. Nous partons d'une représentation simplifiée d'un agent intentionnel réactif a), lequel devient un « *scenario-building animal* » b) en se dotant de capacité de prospective, puis nous ajoutons c) le modèle de simulation comme outil d'aide à la prospective.

**Figure 2.** Conceptual maps : a) “problem solver” agent ; b) “scenario-building animal” agent (Swartz, 1991) ; c) “scenario-building animal” agent that helps himself with a model.



**Tableau 1. Synthèse des forces motrices et des sources d'incertitude dont tiennent compte les modèles modules développés sur les cinq sites d'étude, selon la typologie proposée par Swartz (1991).**

Table 1. Summary of drivers and uncertainties that MAS models take into account on the 5 study sites, according to the types suggested by Swartz (1991).

Type de force motrice	Pays	Forces motrices
Société	Brésil Uruguay-Argentine France	<i>Amazonie</i> : Présence de centres de santé <i>Pampa</i> : culture <i>gaucho</i> (grand éleveur, conservateur) <i>Lubéron</i> : capacité à concilier activités d'élevage et forestières <i>Pyrénées</i> : démographie agricole et comportement individuels éleveurs en lien avec valeurs culturelles et projets familiaux ; tourisme ; urbanisation
	Sénégal	<i>Ferlo</i> : conflits agriculteur éleveurs
Technologie	Brésil France	<i>Amazonie</i> : agriculture de conservation ; arbres dans les pâturages <i>Pyrénées</i> : <i>gestion technique des prairies</i>
Économie	Brésil	<i>Amazonie</i> : prix et marché du cacao (stabilisés, fluctuants) ; infrastructures routières ; prix de la terre et de la main-d'œuvre
	Uruguay-Argentine	<i>Pampa</i> : rentabilité des exploitations ; prix du soja ; prix de la terre (location, vente) ; fonds d'investissement ; stratégie financière et de production (charge animale)
	France	<i>Lubéron</i> : capacité à réorganiser la production sur filières courtes <i>Pyrénées</i> : capacité de survie des exploitations d'élevage ; prix de la terre et rémunération de la production
	Sénégal	<i>Ferlo</i> : taux d'affectation des terres ; disponibilité de pâturages et d'eau
Politique	Brésil	<i>Amazonie</i> : subvention pour préservation de la forêt ; seuil de déforestation autorisé
	France	<i>Pyrénées</i> : politiques publiques agricoles et -environnementales ; politiques locales d'urbanisation
	Sénégal	<i>Ferlo</i> : certains usages favorisés par le conseil rural
Environnement	Brésil Uruguay-Argentine France	<i>Amazonie</i> : déforestation ; colonisation <i>Pampa</i> : capacité de charge des pâturages <i>Lubéron</i> : incendies de forêt <i>Pyrénées</i> : maîtrise des dynamiques forestières dans les prairies semi-naturelles ; gestion adaptative face à l'aléa climatique
	Sénégal	<i>Ferlo</i> : aptitude des terres ; pluviométrie ; croissance de la végétation
Sources d'incertitudes	Brésil	<i>Amazonie</i> : orientations agricoles et manière de prendre les décisions des fermiers
	Uruguay-Argentine	<i>Pampa</i> : évolution du prix du soja ; sécheresse et froid extrême ; fluctuations du marché
	France	<i>Lubéron</i> : aléa climatique ; capacités d'adaptation <i>Pyrénées</i> : climat ; évolution des politiques publiques en lien avec la libéralisation et la globalisation de l'économie
	Sénégal	<i>Ferlo</i> : pluviométrie ; dynamique spatiale des affectations ; politique foncière

évolutifs. La cause pourrait se trouver dans le dialogue interdisciplinaire (et avec les porteurs d'enjeu), qui demande, dans un objectif d'apprentissage collectif, une mise à plat des concepts et des représentations des parties prenantes, et la construction d'un modèle intelligible par tous. Le principe de parcimonie, qui demande à un modèle d'être tout juste assez complexe pour répondre aux ques-

tions posées, est aussi probablement en cause. Il est possible de complexifier davantage, chemin faisant, mais alors il devient de plus en plus fastidieux de faire en sorte que le point de vue de l'un soit accepté par l'autre.

Des processus ont été modélisés par l'ensemble des équipes et mériteraient d'être examinés plus en détail. En effet, ils sont la clé du fonctionnement du sys-

tème et de sa réaction aux forces externes et aux facteurs d'incertitude. Tous les modèles ont intégré un sous-système sur les dynamiques foncières de même qu'un sous-système sur l'organisation et les pratiques de l'élevage. Les équipes des sites en France ont particulièrement soigné ce dernier volet, ce qui pourrait être un effet disciplinaire ou bien la conséquence de la gestion très technique des SEE en France.

**Tableau 2. Synthèse des scénarios développés sur les cinq sites d'étude, ainsi que les indicateurs et les points de vue implémentés dans le modèle SMA.**

Table 2. Summary of scenarios developed on the 5 study sites, as well as indicators and viewpoints implemented in the MAS models.

Pays	Site	Scénarios	Indicateurs	Points de vue
Brésil	Amazonie	Conditions initiales (proportion de sans-terres, nombre de lots occupés, richesse des familles, distribution des membres/famille) Modification du prix d'achat du cacao Fluctuation des prix du marché, en cours de simulation Maladie et centres de soins Taux légal de déforestation autorisé Subvention pour préservation de la forêt Tests de cultures de récupération par semis direct	Trois indicateurs principaux qui reprennent les piliers du développement durable : - taux de déforestation ; - capital de la communauté ; - taux d'exclusion des sans-terres.	Couverture végétale (type, état) Revenu brut/ <i>alqueire</i> Occupation du sol Espace archétypique (1-2 <i>Traversões</i> ; 1 000-2 000 km <sup>2</sup> )
Uruguay-Argentine	Pampa	Prix de location des terres pour culture de soja Évolution du prix du soja en cours de simulation Présence ou non d'IMF Évolution des prix (bétail, terre, etc...) Taux d'intérêt Stratégies des producteurs	Profit tiré de la location, de l'élevage, du soja Profit des fonds d'investissement Nombre de parcelles louées, dédiées à l'élevage, au soja, non exploitées Nombre de producteurs selon type Nombre de propriétaires de parcelles selon type Nombre d'hectares de terre par propriétaire Nombre d'éleveurs selon type de stratégie Prix Taux d'intérêt	Usage et tenure de la terre par type de producteur Espace archétypique (écorégion ; 20 000 km <sup>2</sup> )
France	Lubéron	La baisse des rémunérations dans les filières classique a amené les éleveurs à s'orienter vers des circuits courts (vente directe) Fort développement des filières bois-énergie qui redéfinit l'équilibre entre activités d'élevage et forestières	Vitesse de fermeture des milieux naturels Proportion de territoire utilisé/ occupation du sol Sensibilité des exploitations aux aléas climatiques (proportion d'aliments hors pâturage)	Type d'élevages Occupation du sol Fréquence d'installations Espace réaliste (30 géoterroirs ; 22 communes ; 600 km <sup>2</sup> )
	Pyrénées	Tendanciel (fondé sur la démographie agricole et diversité des comportements et stratégies des agriculteurs) Application de la réforme de la Politique agricole commune (PAC) de 2005 Élargissement des périmètres communaux d'urbanisation.	Bilan des opérations techniques de gestion annuelle des prairies à l'échelle de l'exploitation Bilan de l'intensité annuelle du pâturage à l'échelle de la parcelle Évolution des couverts par parcelle Évolution des exploitations (nombre, taille, et parcellaire) Évolution de la structure et de la composition du paysage et de ses fonctions (indicateurs métriques, cartes, images virtuelles trois dimensions)	Indicateurs métriques, cartes 3D, images virtuelles 3D) Évolution structurelle de la population d'exploitations d'élevage Organisation des parcellaires et types de systèmes d'exploitation et d'élevage des agriculteurs zones habitées et occupation du sol Qualités esthétiques et culturelles des paysages (visualisation en trois dimensions) Espace réaliste (1 commune ; 15 km <sup>2</sup> )
Sénégal	Ferlo	Probabilité d'affecter les terres aux usages (agricole, élevage, sylviculture, urbain, ou autre). Probabilité d'affecter les terres pour différentes tailles d'exploitation (agriculture familiale et agro-industrie) Variation saisonnière et interannuelle de la pluviométrie	Nombre d'affectations Biomasse herbacée sèche consommée Nombre de parcelles parcourues et Nombre de fois qu'un champ est traversé ( <i>proxy</i> pour probabilité de conflits) Nombre de troupeaux et Nombre d'éleveurs Indice de Clark Evans (structure spatiale des parcelles affectées <1 = agrégats ; 1 = aléatoire ; > 1 régulier) Distance parcourue pour recherche de points d'eau et pâturage	Limites administratives Points d'eau Aptitude des terres pour l'agriculture irriguée Biomasse Éleveurs Campements (éleveur, agriculteur) Occupation du sol Zones de préférence pour l'eau Espace réaliste (17 communautés rurales ; 10 000 km <sup>2</sup> ) Typologie d'acteurs simplifiée

Des processus se retrouvent modélisés sur quatre sites, tels que la croissance de la végétation et la fluctuation des prix, à divers degrés de réalisme.

## Scénarios, indicateurs, et validation

Les scénarios et les indicateurs retenus (*tableau 2*) sont trop spécifiques à chaque site pour que nous puissions y voir des régularités évidentes, ce qui est peut-être un indicateur de la complexité des enjeux locaux. Cependant, l'occupation du sol et la tenure de la terre sont deux points de vue sur l'espace que l'on retrouve dans l'ensemble des cas. Les équipes des sites France et Sénégal ont privilégié une représentation géographiquement fidèle de l'espace – en raison des objectifs de gestion locale –, alors qu'une représentation archétypique a été choisie pour les sites sud-américains – en raison d'objectifs d'extrapolation à l'ensemble des zones concernées.

Reste la question épineuse de la validation des modèles, des scénarios, et des simulations (Bommel, 2010a). Même quand les modèles étaient conçus pour représenter la situation de manière « réaliste », aucune équipe n'a tenté une validation statistique. Par conséquent, les différentes simulations n'ont pas fourni les données de prévision que demandent souvent les décideurs et les concepteurs de politiques. Sur les sites où des scénarios tendanciels ont été développés, les simulations ont cependant confirmé les tendances observées sur le terrain.

Les chercheurs ont donc privilégié des évaluations « à dire d'expert » et « à dire d'acteur », dont le résultat varie selon les attentes des participants, leurs niveaux de connaissance du terrain et leurs compétences sur le sujet. Ainsi, pour tous les cas, la validation tient plutôt de l'empirisme, même si certaines équipes ont mené des tests de robustesse satisfaisants. Le cas Pampa est éloquent : les acteurs qui n'étaient pas en mesure d'imaginer l'impact possible de diverses stratégies d'éleveurs étaient cependant d'accord avec les résultats des simulations. Dans certains cas, la mise en débat des scénarios a pu provoquer un retour sur le modèle. La simulation prospective participative a donc été une démarche qui, au regard des perspectives annoncées par les collectifs, a bien été approuvée par les porteurs d'enjeu, fût-ce à des degrés divers.

## Conclusion

En proposant un modèle conceptuel simple enrichi sur la base d'une analyse bibliographique des diverses méthodes de scénario, nous avons pu faire l'inventaire et la classification des enjeux, des forces motrices et sources d'incertitude (*tableau 1*), des modèles et des scénarios (*tableau 2*) pour les démarches prospectives mises en œuvre sur les cinq terrains. Sur cette base, nous avons pu repérer des constantes, sur le plan tant des enjeux que des forces motrices à l'œuvre. Il y avait cependant moins de recoupements que ce que nous avions anticipé, les enjeux des SEE et les scénarios se manifestant apparemment de manières très diverses au niveau local ou régional.

Cette diversité se trouve confirmée quand nous tentons de situer les cas traités sur les quatre scénarios proposés par le MEA (*figure 1*) et renseignés par Freeman (2006) pour le secteur de l'élevage au niveau global. Si la libéralisation tient ses promesses, le cas Pampa et le cas Amazonie renverraient respectivement aux scénarios « *global orchestration* » et « *adapting mosaic* ». Le Ferlo correspond plutôt au cas « *order from strength* », alors que les terrains français font plutôt référence au scénario « *techno garden* ». Les études de cas couvrent bien la palette de scénarios du MEA, ce qui en retour implique qu'on ne peut pas confiner l'évolution des SEE à un seul cas de figure ni les aborder avec un seul modèle de développement. Les résultats que nous avons obtenus nous permettent, non seulement de vérifier que les enjeux locaux sont effectivement pris en compte à d'autres échelles, mais aussi d'enrichir les « *storylines* » des scénarios globaux. Les cas analysés accordent relativement peu de poids à plusieurs des menaces identifiées par Freeman (2006), notamment les maladies animales, la gestion des excréments et des déchets, la structure de la chaîne d'approvisionnement (sauf en France), et la dégradation des ressources naturelles (sauf en France) et génétiques. Mais ils montrent la sensibilité des SEE locaux aux politiques territoriales et leur vulnérabilité aux conflits liés à l'utilisation des terres et à l'expansion des grandes cultures, ainsi qu'aux changements climatiques.

Trois facteurs limitent notre capacité à juger du potentiel d'extrapolation des résultats obtenus ici :

– nous ne connaissons pas la part des SEE qui est couverte par nos études de cas, globalement ou même sur chaque région ou pays. Il faudrait pour cela mettre en relation les cas étudiés avec une typologie des situations régionales ou nationales ;

– nous ne savons pas si certains processus pertinents ont été écartés en raison de la difficulté de les modéliser, et inversement si certains ont été inclus parce que plus facilement modélisables ;

– sans validation formelle, il nous est difficile de juger de la solidité des résultats.

La modélisation d'accompagnement pourrait être renforcée d'une hybridation avec d'autres approches de scénario plus classiques, notamment les approches visionnaires. Cela demanderait de pouvoir développer très rapidement des prototypes simples et intelligibles. De plus si le processus de modélisation pouvait être accéléré, plus de sites pourraient être couverts, plus d'acteurs impliqués, et l'extrapolation améliorée. La notion de « *design pattern* », utilisée en informatique pour désigner des « *packages* » réutilisables dans un grand nombre de modèles, pourrait simplifier le travail des modélisateurs (Bommel *et al.*, 2010) et permettre de faire progresser les modèles dans des subtilités qui pourraient, dans certains cas, être déterminantes. ■

---

## Remerciements

Nous remercions Alassane Bah, Sylvie Ladet et Ibra Toure pour nous avoir fourni des informations correspondant à leur étude de cas, de même que Jean-Philippe Choisis pour ses commentaires sur une première version de l'article. Ce travail a bénéficié d'un soutien financier du programme ANR Agriculture et développement durable (projet ANR-05-PADD-003).

---

## Références

Bah A, Touré I, Fourage C, Diop Gaye I, Leclerc G, Soumaré A. Un modèle multi-agents pour étudier les politiques d'affectation des terres et leurs impacts sur les dynamiques pastorales et territoriales au Ferlo (Sénégal). *Cah Agric* 2010 ; 19 : epub. DOI : 10.1684/agr.2010.0383

Berger G. *L'attitude prospective (Revue Prospective N° 1)*. Paris : Presses Universitaires de France, 1958.



Bommel P. *Définition d'un cadre méthodologique pour la conception de modèles multi-agents adaptée à la gestion des ressources renouvelables*. Thèse, université de Montpellier II, Sciences et techniques du Languedoc, 2009. <http://cormas.cirad.fr/pdf/these-Bommel.pdf>

Bommel P, Bah A, Etienne M, Leclerc G, Monteil C, Touré I. Vers un métamodèle pour analyser les systèmes d'élevage extensifs et leurs interactions avec les territoires. *Cah Agric* 2010a ; 19 : epub. DOI : 10.1684/agr.2010.0373.

Bommel B, Bonaudo T, Barbosa T, Bastos da Veiga J, Vieira Pak M, Tourrand JF. La relation complexe entre l'élevage et la forêt en Amazonie brésilienne : une approche par la modélisation multi-agents. *Cah Agric* 2010b ; 19 : epub. DOI : 10.1684/agr.2010.0384

Börjeson L, Höjer M, Dreborg KH, Ekvall T, Finnveden G. Scenario types and scenario techniques: Towards a user's guide to scenarios. *Futures* 2006 ; 38 : 723-39.

Bousquet F, Barreteau O, Le Page C, Mullon C, Weber J. An environmental modelling approach. The use of multi-agents simulations. In : Blasco F, Weill A, eds. *Advances in environmental and ecological modelling*. Paris : Elsevier, 1999.

Choisis JP, Gibon A, Lasseur J, Morales H, Touré I, Tourrand JF. Acteurs et temporalités dans les processus de modélisation participative de l'interaction entre systèmes agropastoraux et territoires : analyse comparée de sept études de cas. *Cah Agric* 2010 ; 19 : epub. DOI : 10.1684/agr.2010.0381.

ComMod. La modélisation comme outil d'accompagnement. *Nature Sciences et Sociétés* 2005 ; 13 : 165-9.

De Montgolfier J, Natali JM. *Le patrimoine du futur. Collection Économie agricole et agro-alimentaire*. Paris : Economica, 1988.

Etienne M, Le Page C, Cohen M. A Step-by-step Approach to Building Land Management Scenarios Based on Multiple Viewpoints on Multi-agent System Simulations. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 2003; 6 : <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/2.html>

Freeman AH, Thornton PK, van de Steeg JA, Mcleod A. *Future scenarios of livestock systems in developing countries*. WAAP Book of the Year 2006. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2006. <http://www.eaap.eu/pages/Freeman.pdf>.

Gibon A, Sheeren D, Monteil C, Ladet S, Balent G. Modelling and simulating change in reforesting mountain landscapes using a social-ecological framework. *Landscape Ecol* 2010; 25 : 267-85. Doi : 10.1007/s10980-009-9438-5

Ickowicz A, Bah A, Bommel P, et al. Facteurs de transformation des systèmes d'élevage extensifs des territoires : étude comparée des dynamiques locales sur trois continents. *Cah Agric* 2010 ; 19 : epub. DOI : 10.1684/agr.2010.0382.

Lasseur J, Bataille JF, Beylier B, Etienne M, Legéard JP, Luccioni J. Modélisation des relations entre dynamiques des territoires et des systèmes d'élevage dans le massif du Lubéron. *Cah Agric* 2010 ; 19 : epub. DOI : 10.1684/agr.2010.0376.

Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and human well-being: Scenarios*. Washington : Island Press, 2005. [www.maweb.org](http://www.maweb.org).

Morales Grosskopf H, Arbeletche P, Bommel P, et al. Modéliser le changement dans la gestion des terres de parcours en Uruguay. *Cah Agric* 2010 ; 19 : epub. DOI : 10.1684/agr.2010.0385.

Simon C, Gibon A, Bigot G, Bommel P, Josien E, Thérond O. *Literature review of Scenario methods. Deliverable ADD-Trans*. Toulouse : Inra Dynafor, 2006.

Swartz P. *The art of the long view: planning for the future in an uncertain world*. New York : Currency Doubleday, 1991.